

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра „Будівельна механіка і гідравліка”

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

дисципліни

“ОПІР МАТЕРІАЛІВ”

**для студентів спеціальності 7.100502
“Залізничні споруди, колія та колійне господарство”
з урахуванням модульної системи**

Харків - 2010

Програму розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Будівельна механіка та гідравліка» 20 листопада 2008 р., протокол № 4.

Рекомендується для студентів будівельних спеціальностей транспортних вузів:
курс – 2-й, семестри – 3-й та 4-й (денна форма навчання);
курс – 3-й, семестри – 5-й та 6-й (заочна форма навчання);
курс – 4-й, семестр – 7-й (заочна форма навчання, скорочена).

“ПОГОДЖЕНО”

Завідувач кафедри “Колія та колійне господарство”
канд. техн. наук, доц.

Шраменко В.П.

“ПОГОДЖЕНО”

Завідувач кафедри “Будівельні матеріали, конструкції та споруди”
д-р техн. наук, проф.

Плугін А.А.

Укладачі:

проф. Е.Д. Чихладзе,

доц. Г.Л. Ватуля

Рецензент

проф. О.Г. Кіслов

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

дисципліни

“ОПІР МАТЕРІАЛІВ”

для студентів спеціальності 7.100502
“Залізничні споруди, колія та колійне господарство”
з урахуванням модульної системи

Відповідальний за випуск Чихладзе Е.Д.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 24.12.08 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 2,0. Обл.-вид.арк. 2,25.
Замовлення № Тираж 50. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,

61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Будівельна механіка і гідравліка»

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

дисципліни
“ОПІР МАТЕРІАЛІВ”

для студентів спеціальності 7.100502 “Залізничні споруди,
колія та колійне господарство” з урахуванням модульної
системи

Голова методичної комісії будівельного факультету
к.т.н., доц. Л.В. Трикоз

Декан будівельного факультету
к.т.н., доц. О.О. Скорик

Зав. кафедри будівельної механіки та гідравліки
д.т.н., проф. Е.Д. Чихладзе

Укладачі:
д.т.н., проф. Е.Д. Чихладзе

к.т.н., доц. Г.Л. Ватуля

Харків 2009

Програма розглянута та рекомендована до друку на засіданні кафедри будівельної механіки та гідравліки 20 листопада 2008 р., протокол № 4.

Рекомендується для студентів будівельних спеціальностей транспортних вузів:

курс – 2-й, семестри – 3-й та 4-й (денна форма навчання);

курс – 3-й, семестри – 5-й та 6-й (заочна форма навчання);

курс – 4-й, семестр – 7-й (заочна форма навчання, скорочена).

“ПОГОДЖЕНО”

Завідувач кафедри “Колія та колійне господарство”
к.т.н., доц. Шраменко В.П.

“ПОГОДЖЕНО”

Завідувач кафедри
“Будівельні матеріали,
конструкції та споруди”
д.т.н., проф. Плугін А.А.

Укладачі:

проф. Е.Д. Чихладзе
доц. Г.Л. Ватуля

Рецензент:

проф. О.Г. Кіслов

ВСТУП

Мета та задача курсу – навчити студентів кваліфіковано виконувати розрахунки транспортних споруд та конструкцій на міцність, жорсткість, стійкість, правильно вибирати конструкційні матеріали та форми, які відповідали б вимогам показників безпеки, економічності та ефективності.

У процесі викладання цього курсу необхідно приділяти найбільше уваги формуванню у студентів творчого мислення, вміння зв'язувати в єдине ціле інженерну постановку задач, розрахунок та проектування різноманітних конструкцій та споруд, сучасні тенденції розвитку науки, техніки, будівництва.

Ця програма в достатньому обсязі відповідає вимогам, виконання яких необхідне для підготовки висококваліфікованих інженерів з будівельних спеціальностей транспортних вузів. Вона передбачає викладання теоретичних питань в тісному зв'язку з фізико-механічними властивостями будівельних матеріалів при різноманітних умовах навантаження та роботи.

Для закріплення досвіду та набуття практичних навичок самостійної роботи студентів передбачені індивідуальні розрахункові роботи, що виконуються за допомогою ЕОМ. Крім цього в програмі курсу передбачений лабораторний практикум, який сприяє активному засвоєнню теоретичного матеріалу та отриманню перших практичних навичок експериментального дослідження в галузі міцності матеріалів та елементів будівельних конструкцій.

Для студентів заочної форми навчання необхідно рекомендувати такі навчальні посібники, в яких містилися б відомості з теорії, приклади розрахунків, програми на ЕОМ з інструкціями та тестовими прикладами.

Цей курс базується на вивченні дисциплін: “Вища математика”, “Фізика”, “Теоретична механіка”, “Матеріалознавство”, “Обчислювальна техніка та програмування”.

Програма складається зі змісту курсу за модулями, змісту практичних занять, рекомендованого переліку лабораторних робіт, рекомендованого переліку розрахункових робіт, рекомендованого переліку програм розрахунку на ЕОМ, списку навчальної літератури.

Розподіл навчального часу за видами навчальних занять

Кредитний модуль	Загальний обсяг годин на потік	Самостійна робота, год	Види занять і кількість балів	
3 СЕМЕСТР				
МОДУЛЬ 1				
Лекції	16 / 0,44	16	<i>Вимоги кафедри</i>	
			Якість і повнота конспекту	10
Практичні заняття	50 / 1,39	25	Активність і готовність до практичних занять	10
Лабораторні заняття	90 / 2,5	30	Лабораторні роботи	20
Консультації	18		Домашні розрахункові роботи	30
РГР	60 / 1,67	60	Тестування	30
Оформлення модуля	14			
Іспит	8			
МОДУЛЬ 2				
Лекції	18 / 0,5	9	<i>Критерії оцінок</i>	
Практичні заняття	52 / 1,44	26	90 – 100 / 5	
Лабораторні заняття	97 / 2,09	32	75 – 89 / 4	
Консультації	20			

РГР	62 / 1,72		
Оформлення модуля	16 /		60 – 74 / 3
Іспит	12		
Разом	531 / 14,75		

4 СЕМЕСТР				
МОДУЛЬ 1				
Лекції	16 / 0,44	16	Якість і повнота конспекту	10
Практичні заняття	96 / 2,67	48	Активність і готовність до практичних занять	10
Лабораторні заняття	96 / 2,67	48	Лабораторні роботи	20
Консультації	20			
РГР	54 / 1,5	54	Домашні розрахункові роботи	30
Оформлення модуля	12 /		Тестування	30
Іспит	8 /			
МОДУЛЬ 2				
Лекції	20 / 0,55	20	<i>Критерії оцінок</i>	
Практичні заняття	102 / 2,83	51	90 – 100 / 5	A
Лабораторні заняття	102 / 2,83	51	82 – 89 / 4	B
Консультації	23		75 – 81 / 4	C
РГР	68 / 1,89	68	69 – 74 / 3	D
Оформлення модуля	18 /		60 – 68 / 3	E
Іспит	12 /		35 – 59 / 2	FX
			0 – 34 / 2	F
Разом	647 /			

3 СЕМЕСТР

МОДУЛЬ 1

Лекційні заняття

Загальні положення

Мета та задачі опору матеріалів. Схеми елементів конструкцій. Основні типи опорних улаштувань. Зовнішні сили та їх класифікація. Поняття про розрахункову схему споруди. Гіпотези та припущення. Внутрішні сили у поперечних перерізах стержнів у загальному випадку дії навантаження. Внутрішні зусилля при розтяганні та стисканні. Внутрішні зусилля при крученні. Внутрішні зусилля при згині стержнів з прямою віссю. Внутрішні зусилля в криволінійних стержнях. Епюри внутрішніх зусиль. Напруження та деформації. Компоненти напружень. Складові деформації. Залежність між складовими напружень та складовими деформацій. Диференційні залежності між внутрішніми силами при розтяганні-стисканні, крученні, згині в стержнях з прямою і криволінійною осями.

Геометричні характеристики поперечних перерізів стержнів

Статичний момент площі. Центр ваги перерізу. Осьові і полярні моменти інерції. Залежність між моментом інерції при паралельному переносі осей. Зміна осьового та відцентрового моментів інерції при повороті координатних осей. Головні осі та головні моменти інерції. Моменти опору. Радіус інерції. Моменти інерції перерізів тонкостінних стержнів: система координат; секторіальні характеристики перерізу, визначення положення головного полюса; визначення секторіального моменту інерції.

Розтягання та стискання

Напруження в перерізах, перпендикулярних до осі бруса. Напруження в перерізах похилих до осі бруса. Деформації при розтяганні та стисканні. Поздовжня деформація. Поперечна деформація. Визначення

переміщень при розтяганні та стисканні. Розтягання брусу силою на кінці. Розтягання брусу під дією власної ваги. Статично невизначні системи, які працюють на розтягання або стискання. Розрахунок статично невизначних систем на силовий вплив. Розрахунок статично невизначних систем на температурний вплив та неточність виготовлення. Дані про будівельні матеріали несучих конструкцій. Випробування матеріалів на розтягання та стискання. Діаграми розтягання пластичних та крихких матеріалів. Діаграми стискання різноманітних матеріалів. Вплив різноманітних факторів на механічні характеристики матеріалів (температури, швидкості деформації, технологічних факторів). Потенціальна енергія та робота, яка витрачається на розтягання стержня. Методи розрахунку елементів будівельних конструкцій: метод граничних станів; метод можливих напружень; метод руйнівних навантажень. Поняття про імовірний метод розрахунку на міцність. Умови міцності. Три типи задач.

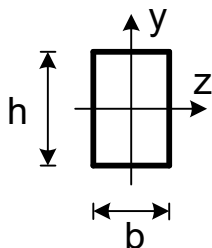
Контрольні запитання

- 1 Укажіть геометричну ознаку, характерну для стержня.
- 2 Укажіть геометричну ознаку, характерну для пластин.
- 3 Укажіть геометричну ознаку, характерну для масивного тіла.
- 4 Що таке зосереджена сила або момент?
- 5 Які види розподілених навантажень Ви знаєте?
- 6 Якими факторами характеризується розподілене навантаження?
- 7 Укажіть розмірність розподіленого навантаження.
- 8 Укажіть діаграму пружно-пластичного матеріалу.
- 9 Укажіть діаграму нелінійно-пружного матеріалу.
- 10 Укажіть діаграму лінійно-пружного матеріалу.
- 11 Сформулюйте допущення про властивість суцільності матеріалу.

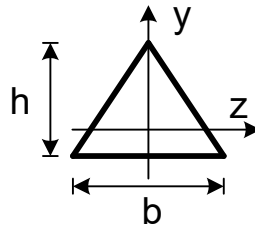
- 12 Сформулюйте допущення про властивість однорідності матеріалу.
- 13 Сформулюйте допущення про властивість ізотропності матеріалу.
- 14 Що таке напруження в тілі, що деформується?
- 15 Які два види напружень можуть виникати на виділеній площадці?
- 16 Як визначається згинальний момент у перерізі?
- 17 Як визначається поперечна сила у перерізі?
- 18 Як визначається подовжня сила у перерізі?
- 19 Як визначається крутний момент у перерізі?
- 20 Укажіть формули, що зв'язують відносні лінійні деформації і переміщення.
- 21 Укажіть формули, що зв'язують відносні кутові деформації і переміщення.
- 22 Вкажіть ознаку геометрично нелінійної системи.
- 23 Укажіть найбільш повне формулювання принципу суперпозиції.
- 24 Що називається епюрою внутрішнього зусилля?
- 25 Для чого будують епюри внутрішніх зусиль?
- 26 Яке правило знаків прийняте для подовжньої сили?
- 27 Яка залежність існує між подовжньою силою й інтенсивністю подовжнього розподіленого навантаження?
- 28 Яке правило знаків прийняте для крутного моменту?
- 29 Яка залежність існує між крутним моментом і інтенсивністю моментного розподіленого навантаження?
- 30 Дайте характеристику шарнірно-рухомої опори.
- 31 Дайте характеристику шарнірно-нерухомої опори.
- 32 Дайте характеристику опорного пристрою, названого твердим защемленням або закладенням.
- 33 Які умови повинні виконуватися для нерухомого з'єднання плоских балок з основою?
- 34 Укажіть типи найбільш широко розповсюджених балок.

- 35 Які рівняння рівноваги застосовуються для визначення опорних реакцій у простих балках?
- 36 Які рівняння рівноваги застосовуються для визначення опорних реакцій у консольних балках?
- 37 Як перевірити правильність визначення опорних реакцій у простих балках?
- 38 Які системи називаються статично визначними?
- 39 Які системи називаються статично невизначними?
- 40 Яке правило знаків прийняте для поперечної сили?
- 41 Яке правило знаків прийняте для згинального моменту?
- 42 Назвіть залежності між поперечною силою, згинальним моментом і інтенсивністю вертикального розподіленого навантаження.
- 43 Як змінюється залежність $\frac{dM}{dx} = Q$, якщо до балки, крім вертикального розподіленого навантаження, прикладене ще і моментне розподілене навантаження?
- 44 Як змінюється згинальний момент на ділянці балки, де немає розподіленого навантаження?
- 45 Як змінюється згинальний момент на ділянці балки, де існує розподілене навантаження?
- 46 Як змінюється поперечна сила на ділянці балки, де немає розподіленого навантаження ($q = 0$)?
- 47 Як змінюється поперечна сила в балці на ділянці, де існує розподілене навантаження?
- 48 Що буде на епюрі Q в перерізі, де прикладена зосереджена сила F ?
- 49 Що буде на епюрі M , у перерізі, де прикладений зосереджений згинальний момент?
- 50 Якщо поперечна сила в одному з перерізів ділянки балки, завантаженого розподіленим навантаженням, дорівнює нулю, то згинальний момент у цьому перетині?
- 51 Які внутрішні зусилля можуть виникати в поперечних перерізах плоских рам і криволінійних стержнів?
- 52 Які залежності існують між зовнішнім навантаженням, подовжньою, поперечною силою і згинальним моментом у стержні кругового обрису?

- 53 Укажіть формули узагальненого закону Гука.
- 54 Укажіть залежності, що встановлюють зміну кута між будь-якими двома координатними осями від складових напруження, рівнобіжних цим осям.
- 55 Скільки незалежних констант пружності має ізотропний матеріал?
- 56 Укажіть, у якому з пунктів дано правильне визначення статичного моменту перерізу щодо осі?
- 57 Яка розмірність статичного моменту?
- 58 Чому дорівнює статичний момент перерізу щодо центральної осі?
- 59 За якими формулами визначаються координати центра ваги перерізу?
- 60 Для яких перерізів при визначенні центра ваги досить знайти тільки одну координату?
- 61 Що називається осьовим моментом інерції перерізу?
- 62 Що називається полярним моментом інерції перерізу?
- 63 Що називається відцентровим моментом інерції перерізу?
- 64 Яка розмірність моментів інерції?
- 65 Що називається моментом опору перерізу?
- 66 Яка розмірність моменту опору?
- 67 Укажіть, за якими формулами визначаються радіуси інерції?
- 68 Як зв'язані між собою осьові і полярні моменти інерції?
- 69 Які моменти інерції завжди додатні?
- 70 Як змінюється відцентровий момент інерції при повороті осей координат на 90° .
- 71 Укажіть, чому дорівнює осьовий момент інерції прямокутника щодо головної центральної осі z ?

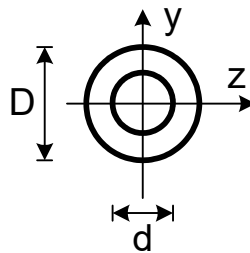


72 Укажіть, чому дорівнює осьовий момент інерції рівнобедреного трикутника щодо головної центральної осі z ?



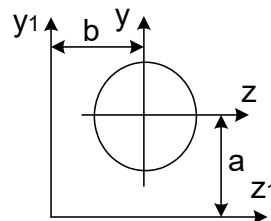
73 Чому дорівнює осьовий момент інерції кола щодо центральних осей?

74 Чому дорівнює осьовий момент інерції кільця щодо центральних осей?



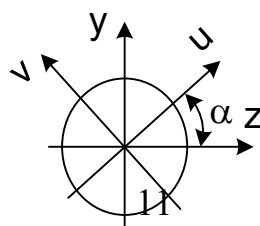
75 Які осі називаються головними центральними?

76 Укажіть залежності для осьового і відцентрового моментів інерції при рівнобіжному переносі осей.

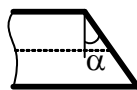


77 Як визначається осьовий і відцентровий моменти інерції при повороті осей?

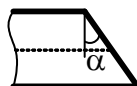
78 Як визначається положення головних центральних осей?



- 79 Укажіть, за якими формулами знаходяться головні центральні моменти інерції?
- 80 Що таке секторіальна координата (площа) точки тонкостінного стержня відкритого профілю?
- 81 Вкажіть умову для перебування головного полюса.
- 82 Завдяки якій з формул визначається положення центра крутіння в перерізі відкритого профілю, що має одну вісь симетрії?
- 83 Укажіть правильну формулу, за якою визначається секторіальний статичний момент.
- 84 Завдяки якій з формул визначається секторіальний момент інерції?
- 85 Як визначаються секторіально-статичні моменти щодо осей Z і Y ?
- 86 Укажіть правильну формулу, за якою визначається секторіальна площа (координата).
- 87 У чому полягає принцип Сен-Венана?
- 88 У чому полягає гіпотеза Я. Бернуллі?
- 89 Як обчислюються нормальні напруження в поперечному перерізі розтягнутого стержня?
- 90 Як визначаються нормальні і дотичні напруження на нахилених площадках?
- 91 На яких площадках нормальні напруження досягають екстремальних значень?



- 92 На яких площадках дотичні напруження досягають екстремальних значень?



- 93 Що називається відносною подовжньою деформацією?
- 94 Яка розмірність відносної подовжньої деформації?

- 95 Що називається відносною поперечною деформацією?
- 96 Яка розмірність відносної поперечної деформації?
- 97 Що називається коефіцієнтом Пуассона, якщо ε' - відносна поперечна деформація, ε - відносна подовжня деформація?
- 98 У яких межах змінюється коефіцієнт Пуассона?
- 99 Сформулюйте закон Гука при розтяганні-стиску і запишіть його математичний вираз.
- 100 Одиниці виміру модуля пружності.
- 101 Чому дорівнює модуль пружності для сталі?
- 102 Чому дорівнює питома потенційна енергія при розтяганні?
- 103 Які задачі називаються статично невизначеними?
- 104 У яких координатах випробувальна машина буде діаграму розтягання?
- 105 Що називається межею пропорційності?
- 106 Що називається межею пружності?
- 107 Що називається межею текучості?
- 108 Що відбувається зі зразком при досягненні максимального навантаження?
- 109 Що називається межею міцності?
- 110 Що називається пластичністю?
- 111 Що називається крихкістю?
- 112 Що таке наклеп?
- 113 Як змінюються пластичні властивості сталі з підвищенням температури?
- 114 У яких випадках використовується метод граничних станів?
- 115 Що називається граничним станом?
- 116 Що таке надійність спорудження?
- 117 Як записується умова міцності розтягнутого стержня за методом граничних станів?
- 118 У яких випадках використовується метод допустимих напружень?
- 119 Як записується умова міцності розтягнутого стрижня за методом напружень, що допускаються?

120 Що таке $[\sigma]$?

121 Як визначається $[\sigma]$ для пластичних матеріалів, якщо n – коефіцієнт запасу?

122 Як визначається $[\sigma]$ для крихких матеріалів, якщо n – коефіцієнт запасу?

Лабораторні заняття

- 1 Випробування на розтягання сталі та інших матеріалів з визначенням основних механічних характеристик.
- 2 Визначення модуля пружності та границі пропорційності для сталі та інших матеріалів.
- 3 Визначення коефіцієнта Пуассона для сталі та інших матеріалів.
- 4 Випробування сталі, чавуну та дерева на стискання з визначенням основних механічних характеристик.

Перелік розрахунково-графічних робіт

- 1 Побудова епюр внутрішніх силових факторів в брусах різного обрису з контролем розв'язку на ПЕОМ.
- 2 Розрахунок стержнів на розтягання та стискання.

МОДУЛЬ 2

Лекційні заняття

Основи теорії напруженого стану

Плоский напружений стан та плоска деформація. Напруження у точці. Головні напруження. Положення головних площадок. Екстремальні дотичні напруження. Вивчення напружень у трьох вимірах: головні напруження та положення головних площадок; екстремальні значення дотичних напружень; октаедричні напруження.

Потенціальна енергія деформації при об'ємному напруженому стані. Приклад дослідження напруженого стану в точці.

Теорія міцності. Призначення. Установлення умов граничного стану матеріалу

Теорія найбільших нормальних напружень. Теорія найбільших подовжень. Теорія максимальних дотичних напружень. Енергетична теорія міцності. Теорія міцності Мора. Деякі інші підходи до оцінки міцності матеріалів.

Теорія згину

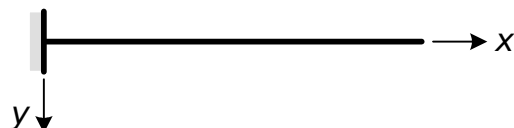
Чистий згин. Розповсюдження висновків чистого згину на поперечний згин. Виведення формули дотичних напружень. Дотичні напруження для прямокутного перерізу. Дотичні напруження для кругового перерізу. Дотичні напруження для трикутного перерізу. Дотичні напруження для двотаврового перерізу. Головні напруження при згині балок. Перевірка міцності балок при згині. Вигнута вісь прямого бруса. Диференційне рівняння вигнутої осі. Розв'язання диференційного рівняння методом безпосереднього інтегрування. Метод початкових параметрів. Метод фіктивних навантажень. Метод Мора. Зсув, як частковий випадок згину. Розрахунок з'єднань, які працюють на зсув. Потенціальна енергія при згині.

Контрольні запитання

- 1 Дайте характеристику плоского напруженого стану.
- 2 Дайте характеристику плоскої деформації.
- 3 Що характеризує напружений стан у точці?
- 4 Які напруження називаються головними?
- 5 Як визначити положення головних площадок при плоскому напруженому стані?

- 6 Як визначити значення головних напружень при плоскому напруженому стані?
- 7 Як розташовані площадки з напруженнями τ_{\max} ?
- 8 Як виражаються τ_{\max} через головні напруження при плоскому напруженому стані?
- 9 Що позначають l , m , n при об'ємному напруженому стані?
- 10 Укажіть залежність між напрямними косинусами.
- 11 Як визначається повне напруження при об'ємному напруженому стані?
- 12 Чому I_1 , I_2 , I_3 називають інваріантами напруженого стану?
- 13 Укажіть формулу для питомої потенційної енергії при об'ємному напруженому стані.
- 14 Укажіть формулу для питомої потенційної енергії зміни об'єму.
- 15 Укажіть формулу для питомої потенційної енергії зміни форми.
- 16 Вкажіть основну задачу теорій міцності.
- 17 З якими напруженнями пов'язане руйнування пластичних матеріалів?
- 18 Від якого виду деформацій відбувається руйнування пластичних матеріалів?
- 19 З якими напруженнями пов'язано руйнування крихких матеріалів?
- 20 Від якого виду деформацій відбувається руйнування крихких матеріалів?
- 21 Вкажіть умову міцності теорії найбільших нормальних напружень?
- 22 Який вигляд має умова міцності теорії найбільших подовжень?
- 23 Який вигляд має умова міцності теорії максимальних дотичних напружень?
- 24 Який вигляд має умова міцності енергетичної теорії міцності?
- 25 Який вигляд має умова міцності теорії Мора?

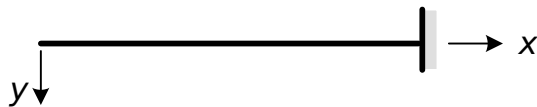
- 26 Укажіть теорії міцності для пластичних матеріалів.
- 27 Укажіть теорії міцності для крихких матеріалів.
- 28 Сформулюйте гіпотезу плоских перерізів.
- 29 Сформулюйте гіпотезу про ненависнення подовжніх волокон.
- 30 Що дає використання гіпотези плоских перерізів при виведенні формул нормальних напружень при згині ?
- 31 Що дає використання гіпотези про ненависнення волокон при виведенні формул нормальних напружень при згині ?
- 32 Які геометричні характеристики перерізу входять у формулу нормальних напружень при згині?
- 33 При яких відношеннях $\frac{h}{\ell}$ (h - висота перерізу балки, ℓ - прогин балки) можна користуватися формулою $\sigma = \frac{My}{J}$ без помітної похибки?
- 34 Як розподілені дотичні напруження по висоті прямокутного перерізу?
- 35 Як розподілені дотичні напруження по висоті тонкостінного двотавру?
- 36 Укажіть формулу для дотичних напружень при згині балки.
- 37 Як у балках при згині визначити головні напруження?
- 38 Вкажіть умову міцності за енергетичною теорією міцності.
- 39 Укажіть, яке з диференціальних рівнянь використовується для визначення прогинів балки?
- 40 Які з чотирьох початкових параметрів y_0 , φ_0 , M_0 , Q_0 дорівнюють нулю для показаної на рисунку однопрогонової балки?



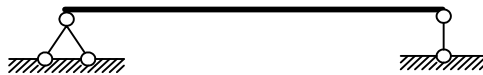
- 41 Які з чотирьох початкових параметрів y_0 , φ_0 , M_0 , Q_0 дорівнюють нулю для показаної на рисунку однопрогонової балки?



- 42 Які з чотирьох початкових параметрів y_0 , φ_0 , M_0 , Q_0 дорівнюють нулю для показаної на рисунку однопрогонової балки?



- 43 Запишіть формули для визначення прогинів і кутів повороту балки методом фіктивного навантаження.
44 Побудуйте для заданої схеми балки її фіктивну схему.



- 45 Побудуйте для заданої схеми балки її фіктивну схему.



- 46 Побудуйте для заданої схеми балки її фіктивну схему.



- 47 Як записується закон Гука при зсуві?

Лабораторні заняття

- 1 Випробування сталі на зріз і дерева на сколювання та перерізання.
- 2 Випробування зварних з'єднань.

- 3 Випробування твердості різних матеріалів методом вдавлювання.
- 4 Випробування на згин дерев'яних балок: суцільної та на шпонках.

Перелік розрахунково-графічних робіт

- 1 Визначення геометричних характеристик плоских перерізів з контролем розв'язку на ПЕОМ.
- 2 Розрахунок на міцність та визначення переміщень в балках при згині з контролем розв'язку на ПЕОМ.

4 С Е М Е С Т Р

МОДУЛЬ 1

Лекційні заняття

Статично невизначні балки

Поняття про зайві зв'язки. Ступінь статичної невизначності. Властивості статично невизначних систем. Нерозрізна балка. Умови сумісності деформацій. Побудова та перевірка епюр M та Q . Приклад розрахунку нерозрізної балки. Балка на пружній основі. Моделі пружних основ та їх властивості. Умови контакту підшви балки та пружної основи. Приклади транспортних конструкцій, які контактують з пружним середовищем. Диференційне рівняння пружної лінії балки, яка лежить на вінклеровій основі. Інтегрування цього рівняння з урахуванням граничних умов. Розрахунок балок кінцевої довжини. Розрахунок нескінченно довгих балок.

Кручення

Кручення стержнів з круглим поперечним перерізом. Напруження в поздовжніх та дотичних перерізах, які проходять через вісь стержня. Статично невизначні задачі при крученні. Потенціальна енергія при крученні круглого стержня. Розрахунок циліндричних пружин з малим кроком витка. Розрахунок на кручення круглих стержнів з урахуванням пластичних деформацій. Вільне кручення стержнів прямокутного перерізу та тонкостінних стержнів відкритого профілю. Стиснене кручення тонкостінних стержнів відкритого профілю. Загальний випадок навантаження тонкостінного стержня відкритого профілю. Умови міцності і жорсткості. Приклад розрахунку.

Контрольні запитання

- 1 Що називається статично визначною системою?
- 2 Що називається статично невизначною системою?
- 3 Що таке геометрично змінювана система?
- 4 Що таке геометрично незмінна система?
- 5 Що таке основна система?
- 6 Якими властивостями повинна володіти основна система?
- 7 Який фізичний зміст рівнянь спільності деформацій?
- 8 Як визначається число зайвих зв'язків у нерозрізній плоскій балці?
- 9 Укажіть рівняння трьох моментів.
- 10 Чому балка, що лежить на пружній основі, статично невизначна?
- 11 Укажіть диференціальне рівняння для прогинів балки, що лежить на пружній основі.
- 12 Укажіть рівняння для визначення прогинів короткої балки на пружній основі.
- 13 Запишіть граничні умови для зображеної на рисунку балки на пружній основі.



14 Запишіть граничні умови для зображеної на рисунку балки на пружній основі.



15 Запишіть граничні умови для зображеної на рисунку балки на пружній основі.



16 Запишіть граничні умови для зображеної на рисунку балки на пружній основі.



17 Запишіть граничні умови для зображеної на рисунку балки на пружній основі.



18 Запишіть граничні умови для зображеної на рисунку балки на пружній основі.



- 19 Що таке нескінченно довгі балки на пружній основі?
20 Укажіть формулу для визначення прогину в перерізах нескінченно довгої балки на пружній основі від дії зосередженої сили F .

- 21 Укажіть формулу для визначення кута повороту в перерізах нескінченно довгої балки на пружній основі від дії зосередженої сили F .
- 22 Укажіть формулу для визначення згинального моменту в перерізах нескінченно довгої балки на пружній основі від дії зосередженої сили F .
- 23 Укажіть формулу для визначення поперечної сили в перерізах нескінченно довгої балки на пружній основі від дії зосередженої сили F .

Лабораторні заняття

- 1 Дослідження деформацій та розподілу нормальних напружень двотаврової балки в зоні чистого згину.
- 2 Дослідження деформацій та розподілу нормальних напружень в балці прямокутного перерізу при поперечному згині.
- 3 Визначення прогинів статично невизначної балки.
- 4 Випробування круглого сталюого зразка на кручення.

Перелік розрахунково-графічних робіт

- 1 Розрахунок нерозрізних балок з контролем розв'язку на ПЕОМ.
- 2 Розрахунок балки на пружній основі з контролем розв'язку на ПЕОМ.

МОДУЛЬ 2

Лекційні заняття

Складний опір та стійкість

Загальні положення та передумови. Косий згин. Згин та кручення стержня круглого поперечного перерізу.

Позацентрове розтягання або стискання. Стійкість стиснутих стержнів: поняття про стійкість та критичну силу; формула Ейлера для визначення величин критичної сили; формула Ейлера при різноманітних умовах закріплення кінців стержнів; межі застосування формули Ейлера. Практичний розрахунок стиснутих стержнів; урахування впливу зсувів при визначенні критичної сили. Розрахунок позацентрово стиснутого гнучкого стержня. Поздовжньо-поперечний згин.

Розрахунок деяких конструкцій, які витримують плоский напружений стан

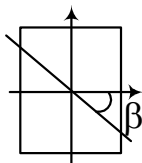
Диференційне рівняння рівноваги. Умови на контурі. Умови сумісності. Функція напружень. Розв'язання диференційного рівняння плоскої задачі за допомогою цілих поліномів. Згин консольної балки. Плоска задача в полярних координатах; загальні рівняння; складові деформації. Товста труба під дією рівномірного тиску. Розтягання пластини з малим круглим отвором. Дія зосередженої сили, яка прикладається до прямолінійного кінця нескінченно великої пластини (напівплощини).

Динамічна дія навантаження

Загальні положення та поняття. Диференційне рівняння руху системи з одним ступенем свободи. Вільні коливання без урахування сил опору. Вільні коливання з урахуванням сил опору. Вимушені коливання під дією вібраційного навантаження. Розрахунок на раптове навантаження. Розрахунок на дію короткочасного навантаження. Ударне навантаження. Динамічні характеристики будівельних матеріалів та конструкцій. Динамічна жорсткість. Явище втомленості.

Контрольні запитання

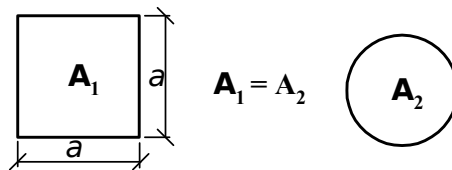
- 1 Яка деформація називається косим згином?
- 2 Який із наведених елементів зазнає деформації «косий згин» (переріз елемента – рівнобокий кутник)?
- 3 У вигляді суперпозиції яких простих деформацій можна подати косий згин?
- 4 Що означають змінні z і y , що входять у формулу для нормальних напружень при косому згині $\sigma = \frac{M_z}{J_z} y + \frac{M_y}{J_y} z$?
- 5 Що називається нейтральною віссю при косому згині?
- 6 Як записується умова міцності при косому згині?
- 7 Що таке кут β у рівнянні нейтральної осі $\text{tg } \beta = \text{tg } \alpha \frac{J_z}{J_y}$ при косому згині?
- 8 Що таке кут α у рівнянні нейтральної осі $\text{tg } \beta = \text{tg } \alpha \frac{J_z}{J_y}$ при косому згині?
- 9 Як розміщена нейтральна вісь при косому згині?
- 10 Як визначається напрямок сумарного прогину при косому згині?
- 11 У яких точках перерізу досягаються максимальні значення нормальних напружень при косому згині, якщо нейтральна вісь розміщена у такий спосіб?



- 12 У вигляді суперпозиції яких простих деформацій можна подати позацентровий стиск?
- 13 Як записується умова міцності при позацентровому стиску?
- 14 Що означають змінні z і y у формулі для обчислення нормальних напружень $\sigma = \frac{F}{A} \left(1 + \frac{z_f}{i_y^2} z + \frac{y_f}{i_z^2} y \right)$ при позацентровому стиску?

- 15 Що означають змінні z_f і y_f у формулі для обчислення нормальних напружень $\left(\sigma = \frac{F}{A} \left(1 + \frac{z_f}{i_y^2} z + \frac{y_f}{i_z^2} y \right) \right)$ при позацентровому стиску ?
- 16 Що називається нейтральною лінією?
- 17 Як розміщена нейтральна лінія при позацентровому стиску?
- 18 Що означають змінні z_0 і y_0 у рівнянні нейтральної лінії $\left(z_0 = -\frac{i_y^2}{z_f}, y_0 = -\frac{i_z^2}{y_f} \right)$ при позацентровому стиску?
- 19 У яких точках досягаються максимальні нормальні напруження?
- 20 У яких точках досягаються максимальне стискальне і розтягувальне напруження при позацентровому стиску (стискальна сила прикладена в т. **A**)?
- 21 Як розміщене ядро перерізу?
- 22 Яку властивість має ядро перерізу?
- 23 Які внутрішні зусилля виникають у перерізі при згині з крутінням?
- 24 Який напружений стан виникає при згині з крутінням?
- 25 Які напруження враховуються при перевірці міцності при згині з крутінням?
- 26 Як записується умова міцності при згині з крутінням?
- 27 У яких точках досягається максимальне напруження в кільцевому перерізі при згині з крутінням?
- 28 Що називається стійкою формою рівноваги?
- 29 Який елемент зазнає деформації «поздовжній згин»?
- 30 Що називається критичною силою при поздовжньому згині?
- 31 За якою формулою розраховується критична сила?
- 32 За якою формулою обчислюється критична сила для стержнів великої гнучкості ($\lambda > \lambda_{пред}$)?
- 33 За якою формулою обчислюється критична сила для стержнів середньої гнучкості ($\lambda_0 < \lambda \leq \lambda_{пред}$)?
- 34 Які межі застосування формули Ейлера?
- 35 Для яких стержнів застосовується формула Ясинського?

- 36 За якою формулою визначається гнучкість?
- 37 Від чого залежить гнучкість?
- 38 Від чого залежить гранична гнучкість $\lambda_{пред}$?
- 39 Яка розмірність гнучкості?
- 40 Від чого залежить приведена довжина стержня?
- 41 Від чого залежить коефіцієнт приведеної довжини стержня?
- 42 Як формулюється умова стійкості при поздовжньому згині?
- 43 Що задає коефіцієнт поздовжнього згину φ ?
- 44 Два стержня однакової довжини і з однаковими модулями пружності однаково закріплені і стиснуті силами F . Поперечний переріз одного з них круглий, іншого – квадратний, площі перерізів – однакові. Для якого стержня більше критична сила?



- 45 Коли навантаження вважається прикладеним динамічно?
- 46 Сформулюйте умови виникнення вільних коливань.
- 47 Назвіть задачі динамічного розрахунку.
- 48 Укажіть формулу для визначення частоти вільних коливань системи з одним ступенем свободи.
- 49 Укажіть формулу для визначення періоду вільних коливань системи з одним ступенем свободи.
- 50 Укажіть диференціальне рівняння вільних коливань системи з одним ступенем свободи з урахуванням сил опору.
- 51 Укажіть диференціальне рівняння коливань системи з одним ступенем свободи з урахуванням сил опору під дією вібраційного навантаження.

- 52 Укажіть диференціальне рівняння коливань системи з одним ступенем свободи з урахуванням сил опору під дією короткочасного навантаження.
- 53 Укажіть формулу для динамічного коефіцієнта при дії вібраційного навантаження в системі з одним ступенем свободи.
- 54 Що таке резонанс?
- 55 Що таке динамічний коефіцієнт?
- 56 Чому дорівнює динамічний коефіцієнт при раптовому навантаженні системи з одним ступенем свободи?
- 57 Що таке удар?
- 58 Укажіть формулу для динамічного коефіцієнта при ударі.
- 59 У чому полягає явище втоми матеріалу?
- 60 Які цикли називаються знакопостійними?
- 61 Які цикли називаються знакозмінними?
- 62 Які параметри характеризують цикл напружень?

Лабораторні заняття

- 1 Випробування циліндричної пружини на стискання: визначення модуля зсуву .
- 2 Дослідження деформацій та розподілу нормальних напружень при косому згині.
- 3 Дослідження розподілу напружень при позацентровому стисканні.
- 4 Дослідження деформацій та розподілу нормальних напружень при згині з крученням.
- 5 Дослідження явища втрати стійкості стиснутих стержнів.

Перелік розрахунково-графічних робіт

- 1 Розрахунки на складний опір та стійкість з контролем розв'язку на ПЕОМ.

- 2 Дослідження об'ємного та плоского напруженого стану в точці за допомогою ПЕОМ.

Перелік програм розрахунку конструкцій на ПЕОМ

- 1 Визначення внутрішніх зусиль в статично визначних балках і рамах з побудовою епюр.
- 2 Визначення геометричних характеристик складних плоских перерізів.
- 3 Визначення геометричних та секторіальних характеристик перерізів тонкостінних стержнів.
- 4 Розрахунок статично визначних балок на міцність і жорсткість з добором перерізів.
- 5 Розрахунок нерозрізних балок на міцність і жорсткість з добором перерізів.
- 6 Розрахунок балок на пружній основі з побудовою епюр M , Q , N .
- 7 Розрахунки на складний опір (згин з крученням, косий згин, позацентровий стиск) і стійкість.
- 8 Дослідження плоского і об'ємного напружених станів у точці.
- 9 Розрахунок багатопрольотної статично визначної балки на нерухоме і рухоме навантаження з побудовою ліній впливу і завантаження ліній впливу.
- 10 Розрахунок статично визначних ферм з побудовою і завантаженням ліній впливу.
- 11 Розрахунок розпірних систем (тришарнірні арочні системи, тришарнірні рами, тришарнірні ферми, комбіновані системи) на нерухоме і рухоме навантаження.
- 12 Розрахунок статично невизначних рам з побудовою епюр M , Q , N і епюри переміщення вузлів.
- 13 Розрахунок статично невизначних ферм з побудовою і завантаженням ліній впливу.

14 Розрахунок нерозрізних балок і рам на вібраційне навантаження.

Практичні заняття

Основна мета практичних занять – розвиток у студентів навичок самостійної роботи при розв’язанні інженерних задач, які мають безпосереднє відношення до майбутньої спеціальності. На прикладах з практики проектування та експлуатації об’єктів транспортного будівництва показується практичне втілення основних положень курсу, його методичного базису .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

- 1 Чихладзе Э.Д. Сопротивление материалов – Харьков: УкрГАЗТ, 2002. – 362 с .
- 2 Чихладзе Е. Д. Опір матеріалів – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – 362 с.
- 3 Сопротивление материалов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин; Под ред. А.В. Александрова. – М.: Высшая школа, 1975. – 479 с.
- 4 Опір матеріалів з основами теорії пружності і пластичності. Ч.І: Загальні основи / За ред. В.Г Піскунова. – К.: Вища школа, 1994. – 204 с.
- 5 Феодосьев В.И. Сопротивление материалов . – М.: Наука, 1986. – 544 с.
- 6 Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высшая школа, 1989. – 170 с.

- 7 Сборник задач по сопротивлению материалов / Под ред. А.С.Вольмира. – М.: Наука, 1984. – 407 с.
- 8 Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. Вибрані задачі з опору матеріалів з розв'язаннями – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – 194 с.

Додаткова

- 9 Сопротивление материалов: Лабораторные работы / И.А.Цурпал, Н.П.Барабан, В.М. Швайко. – К.: Высшая школа, 1988. – 130 с.
- 10 Опір матеріалів з основами теорії пружності і пластичності. Ч.ІІ: Приклади і задачі / За ред. В.Г. Піскунова. – К.: Вища школа, 1995. – 303 с.
- 11 Рекач В.Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости. – М.: Высшая школа, 1984. – 97 с.
- 12 Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1975. – 575 с.

Додаток А

Програма курсу для студентів, які навчаються без відриву від виробництва (ЗЗС+ПЦБ)

5 С Е М Е С Т Р

Лекції – 10 год
Практичні заняття – 8+8 = 16 год
Лабораторні заняття – 12+12 = 24 год
Контрольні роботи – 3+3 = 6
Іспит

Зміст лекцій

Загальні положення. Геометричні характеристики поперечних перерізів. Розтягання і стискання. Основи теорії напруженого стану. Теорія міцності. Теорія згину.

Перелік контрольних робіт

- 1 Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису.
- 2 Визначення геометричних характеристик плоских перерізів з контролем розв'язання на комп'ютері.
- 3 Розрахунок на міцність і визначення переміщень в балках при згині.

Перелік лабораторних робіт

- 1 Випробування на розтягання сталі з визначенням основних механічних характеристик.
- 2 Визначення модуля пружності і межі пропорційності для сталі.
- 3 Визначення коефіцієнта Пуассона для сталі.
- 4 Випробування на стискання різних матеріалів з визначенням основних механічних характеристик.
- 5 Випробування сталі на зріз і дерева на сколювання.
- 6 Випробування різних матеріалів на твердість.

Зміст практичних занять

- 1 Епюри внутрішніх зусиль в брусах різного обрису.
- 2 Геометричні характеристики плоских перерізів.
- 3 Розрахунок на міцність балок при згині.
- 4 Визначення переміщень в балках при згині.

6 С Е М Е С Т Р

Лекції – 10 год

Практичні заняття – $8+8 = 16$ год
Лабораторні заняття – $12+12 = 24$ год
Контрольні роботи – $3+3 = 6$
Іспит

Зміст лекцій

Статично невизначні балки. Кручення. Складний опір і стійкість. Динамічне навантаження.

Перелік контрольних робіт

- 1 Розрахунок нерозрізних балок з контролем розв'язання на комп'ютері.
- 2 Розрахунок балки на пружній основі з контролем розв'язання на комп'ютері.
- 3 Розрахунки на складний опір і стійкість.

Перелік лабораторних робіт

- 1 Дослідження деформацій і розподіл нормальних напружень двотаврової балки у зоні чистого згину.
- 2 Випробування круглого сталевого зразка на крутіння.
- 3 Дослідження деформацій і розподіл нормальних напружень при косому згині.
- 4 Дослідження розподілу напружень при позацентровому стисканні.
- 5 Дослідження деформацій і розподіл напружень при згині з крученням.
- 6 Дослідження явища втрати стійкості стиснутих стержнів.

Зміст практичних занять

- 1 Розрахунок нерозрізних балок.
- 2 Розрахунок балок на пружній основі.
- 3 Розрахунки на складний опір і стійкість (2 заняття).

**Програма курсу для студентів, які навчаються
без відриву від виробництва за скороченою формою
навчання (4/2 ЗСС+ПЦБС)**

7 С Е М Е С Т Р

Лекції – 10 год
Практичні заняття – $40+8 = 48$ год
Лабораторні заняття – $40+4 = 44$ год
Контрольні роботи – $2+2 = 4$
Іспит

Зміст лекцій

- 1 Теорії міцності.
- 2 Розрахунок на міцність балок при згині.
- 3 Визначення переміщень в балках при згині.
- 4 Складний опір.
- 5 Стійкість.

Перелік контрольних робіт

- 1 Розрахунок на міцність балок при згині з визначенням переміщень.
- 2 Розрахунки на складний опір і стійкість.

Перелік лабораторних робіт

- 1 Дослідження на розтягання сталі з визначенням основних механічних характеристик.
- 2 Визначення модуля пружності і межі пропорційності.
- 3 Визначення коефіцієнта Пуассона.

- 4 Випробування сталі, чавуну і дерева на стискання.
- 5 Випробування зварних з'єднань.
- 6 Визначення твердості різних матеріалів.
- 7 Дослідження деформацій і напружень при чистому згині.
- 8 Випробування на кручення.
- 9 Випробування на косий згин.
- 10 Дослідження стійкості стиснутих стержнів.

Зміст практичних занять

- 1 Епюри внутрішніх зусиль у брусах різного обрису.
- 2 Геометричні характеристики плоских перерізів.
- 3 Розрахунок балок на згинан.
- 4 Визначення переміщень в балках.
- 5 Найпростіші статично невизначні системи при згині.
- 6 Складний опір та стійкість.
 - 6.1 Згин з крученням.
 - 6.2 Позацентрове стискання.
 - 6.3 Поздовжньо-поперечний згин.
 - 6.4 Стійкість.

Додаток Б

Витрати часу на самостійну роботу студента денної форми навчання з курсу «ОПІР МАТЕРІАЛІВ»

3 семестр

Складова самостійної роботи	Час, год
Опрацювання теоретичних засад прослуханого лекційного матеріалу	17
Підготовка до практичних та лабораторних занять	17

Підготовка до тестового контролю, контрольних робіт та інших форм поточного контролю	10
Підготовка до модульного контролю та іспиту	10
Виконання розрахункових робіт	
1 Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису з контролем розв'язання на ЕОМ (побудова епюр згинальних моментів та поперечних сил у балках; згинальних моментів, поперечних та поздовжніх сил у рамах та арках; поздовжніх сил у брусі; крутних моментів у валу)	6
2 Розрахунок стержнів на розтягання та стискання (визначення площі тросу з умови міцності; визначення зусиль, подовжень та перевірка міцності у східчастому брусі з урахуванням власної ваги; визначення зусиль та перевірка міцності у статично невизначних системах)	2
3 Визначення геометричних характеристик плоских перерізів з контролем розв'язку на ПЕОМ (визначення геометричних характеристик складених перерізів)	4
4 Розрахунок на міцність і визначення переміщень у балках при згинанні з контролем розв'язання на ЕОМ (підбір перерізів різної форми та їх перевірка за головними напруженнями; визначення переміщень у балках за методом початкових параметрів)	6
Усього	72

4 семестр

Складова самостійної роботи	Час, год
Опрацювання теоретичних засад прослуханого лекційного матеріалу	18
Підготовка до практичних та лабораторних занять	18
Підготовка до тестового контролю, контрольних робіт та інших форм поточного контролю	12
Підготовка до модульного контролю та іспиту	12
Виконання розрахункових робіт	

1 Розрахунок нерозрізних балок з контролем розв'язку на ПЕОМ	4
2 Розрахунок балки на пружній основі з контролем розв'язку на ПЕОМ	3
3 Розрахунки на складний опір та стійкість з контролем розв'язку на ПЕОМ (визначення напружень та перевірка міцності при згині з крученням, при косому згині, при позацентровому стиску; підбір перерізу та визначення критичної сили при поздовжньому згині)	4
4 Дослідження об'ємного та плоского напруженого стану в точці за допомогою ПЕОМ	1
Усього	72

Загальний розподіл часу

	3 семестр	4 семестр	Усього
Усього на самостійну роботу	72	72	144
На розрахункові роботи	18	12	30

Додаток В

Витрати часу на самостійну роботу студента заочної форми навчання з курсу «ОПІР МАТЕРІАЛІВ»

5 семестр

Складова самостійної роботи	Час, год
Вивчення теоретичного матеріалу для виконання контрольних робіт	40

Вивчення курсу лабораторних робіт	10
Підготовка до іспиту з самоперевіркою за тестами	20
Виконання контрольних робіт	14
1 Побудова епюр внутрішніх силових факторів у брусах різного обрису	
2 Визначення геометричних характеристик складних плоских перерізів з контролем розв'язання на комп'ютері	
3 Розрахунок на міцність і визначення переміщень в балках при згині	25
Усього	129

6 семестр

Складова самостійної роботи	Час, год
Вивчення теоретичного матеріалу для виконання контрольних робіт	35
Вивчення курсу лабораторних робіт	10
Підготовка до іспиту з самоперевіркою за тестами	15
Виконання контрольних робіт	20
1 Розрахунок нерозрізних балок з контролем розв'язання на комп'ютері	
2 Розрахунок балки на пружній основі з контролем розв'язання на комп'ютері	
3 Розрахунки на складний опір і стійкість	20
Усього	120

Загальний розподіл часу

	5 семестр	6 семестр	Усього
Усього на самостійну роботу	70	60	130
На розрахункові роботи	59	60	119

Додаток Д

Витрати часу на самостійну роботу студента заочної (скороченої) форми навчання з курсу «ОПІР МАТЕРІАЛІВ»

7 семестр

Складова самостійної роботи	Час,
------------------------------------	-------------

	год
Вивчення теоретичного матеріалу для виконання контрольних робіт	80
Вивчення курсу лабораторних робіт	60
Підготовка до іспиту з самоперевіркою за тестами	40
Виконання контрольних робіт	45
1 Розрахунок на міцність балок при згині з визначенням переміщень	
2 Розрахунки на складний опір і стійкість	50
Усього	275

Загальний розподіл часу

	7 семестр	Усього
Усього на самостійну роботу	180	180
На розрахункові роботи	95	95